

文章编号: 1004—5589 (2017) 02—0520—10

内蒙古靠山屯银铅多金属矿综合找矿信息的提取及找矿前景

于长霞¹, 高福红², 张永胜², 纪元元², 何雨思²

1. 吉林省地质科学矿产研究所, 长春 130061;
2. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061

摘要: 为了评价内蒙古靠山屯勘查区银铅多金属矿床找矿前景, 对该勘查区进行了地质、航磁激电和化探综合找矿信息的提取。结果表明, 靠山屯银铅多金属矿床是以银为主, 伴生有铅和锌的中型矿床, 产于早白垩世钾长花岗岩和晚侏罗世凝灰岩内。蚀变和矿化特征显示该矿床成因类型为中温热液脉型。上侏罗统玛尼吐组火山岩富含 Pb、Ag 等成矿元素, 是有利的容矿围岩, 产于火山岩和岩体接触带附近的断裂构造是有利的控矿构造, 绢英岩化和硅化是近矿的围岩蚀变。成矿后区内存在差异性抬升, 中部和北东部矿化以方铅矿和共伴生银矿物为主, 矿床保存条件好, 如 II 和 III 号蚀变带。南西部以闪锌矿 (含黄铜矿) 为主, 矿床剥蚀较大, 如 I 号蚀变带, 中高极化、低阻或中高阻、低-中高磁异常的物探异常总体为矿致异常的特征。Pb、Zn、Ag 异常套合好, Pb 和 Ag 异常面积大, 强度高的异常 KHi4-11 分布区矿床保存条件较好, 找矿前景较好。Zn 异常面积大, 外侧的 Pb 和 Ag 异常面积小的异常 KHi1 KHi3 分布区矿床剥蚀较大, 找矿前景较差。

关键词: 多金属矿床; 内蒙古; 矿床成因; 综合找矿信息; 找矿前景

中图分类号: P618.52; P612 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1004-5589.2017.02.018

Extraction of comprehensive prospecting information and prospecting potential of Kaoshantun silver-lead polymetallic deposit, Inner Mongolia

YU Chang-xia¹, GAO Fu-hong², ZHANG Yong-sheng², JI Yuan-yuan², HE Yu-si²

1. Jilin Institute of Geological Sciences, Changchun 130061, China;
2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

Abstract: In order to determine the prospecting potential of Kaoshantun silver-lead polymetallic deposit in Inner Mongolia, the authors extracted the geology, aeromagnetic excitation and geochemical prospecting information. The results show that the Kaoshantun silver-lead polymetallic deposit is a medium scale of deposit which mainly contain silver accompanied by lead and zinc, which occurs in both of moyite in Early Cretaceous and tuff in Late Jurassic. The alteration and mineralization characteristics show that the genetic type of the deposit is medium hydrothermal vein type. The volcanic rocks in Upper Jurassic Manitu Formation are rich in Pb and Ag, and are favourable ore hosting rocks. The faults near the volcanic rocks and rock contact belts are favorable ore controlling structures, and the phyllic alteration and silicification are closely related to the alteration of surrounding rocks. The diverse uplift occurred after mineralization, the mineralization in the middle and northeast of the exploration area is

收稿日期: 2017-01-16; 改回日期: 2017-04-24

基金项目: 吉林省教育厅“十三五”科学技术研究规划项目 (吉教科合字 [2016] 第 313 号).

通讯作者: 高福红 (1964-), 女, 博士, 教授, 主要从事岩石学研究. E-mail: gaofhjl@163.com

mainly galena and associated silver minerals, and the deposit was well-preserved as alteration belt II and alteration belt III. The southwest of exploration area is mainly sphalerite (chalcopyrite), with high degree of denudation, for example alteration belt I, which is characterized by medium-high polarization, low or high resistance, low-high magnetic anomaly. The anomalies are good identity of concentration for Pb, Zn, and Ag elements, with large abnormal area of Pb and Ag. The KHT4-11 distribution with high abnormal intensity has a good preservation condition and prospect. The Zn anomaly area is large, and the abnormal distribution of Pb and Ag anomaly in the outside of the KHT1 and KHT3 distribution area is large with poor prospecting potential.

Key words: polymetallic deposit; Inner Mongolia; comprehensive prospecting information; genetic type of the deposit; prospecting potential

0 引言

大兴安岭地区位于古亚洲洋成矿带与环太平洋成矿带的叠加区域^[1],是中国重要的多金属成矿省。近年来已探明的铜、银、铅、锌等金属储量达万吨级以上,铁、钨、钼也较为丰富,集中分布数十个中大型矿床和数百个小型矿床^[2,3]。该地区的矿床主要发育在华力西和燕山期两个地质时期,在构造-岩浆带的控制下矿床成群带状分布^[4]。

内蒙古靠山屯银铅多金属矿床位于沁尔新右翼前旗280°方向,直距约90 km处,行政区划隶属大石寨镇,是铜、铅、锌、银等多金属矿床的集中分布区(图1)。区域构造以北东向为主,二连浩特-扎兰屯深大断裂与北北东向大兴安岭主脊断裂交汇,对成矿十分有利^[5]。毗邻中国-俄罗斯-蒙古交界,矿种多、密度高且成矿时间集中,显示出良好的铜、铅、银、锌开发潜力,有望发现大型-超大型矿床^[6,7]。尽管前人已经确定了板块构造格局,但对于缝合带的位置及拼合时间仍有争议^[8,9],且基底岩相对于矿床成因类型有明显的控制作用^[10],特别是有关中低温热液矿床的成因也存在不同认识,部分学者认为此类矿床与岩浆岛弧活动有关^[11,12],也有学者认为与碰撞造山带有关^[13,14],这些争论制约了对该地区的矿产勘查程度。

近年来,随着地质勘探投入的增加和研究的深入,本区找矿工作有了一些突破性的进展:①内蒙古局第二区域测量队对地层层序进行了初步划分,并发现和汇总了许多矿点;②陕西省矿产开发局第二综合物探大队完成了化探测量工作和乌兰毛都-突泉航磁测量工作;③吉林省局白城地区综合大队进行了呼和哈达地区1:5万区域测量,发现矿点20

处,圈出原生晕异常4处,重砂异常21处,提出3个成矿预测地段,其中铜-闪锌矿-方铅矿原生晕、重砂异常均位于本次靠山屯普查区内;④吉林省地质调查院在乌兰毛都地区进行了土壤化探测量,共圈出综合异常76处,利用地物化综合剖面检查异常11处,其中4处为矿化引起。靠山屯银铅多金属异常套合完好,找矿前景较好。靠山屯银铅多金属矿床成因独特,经济潜力较大。因此,进一步深入研究该矿床的基本特征、综合提取有效的找矿信息,对建立这一地区的找矿模型和进一步找矿工作具有十分重要的指导意义。

1 成矿地质背景

研究区地层主要为上侏罗统玛尼吐组,初步划分两个岩性段:①岩屑晶屑凝灰岩:分布较广,岩性以灰绿色、深绿色岩屑晶屑凝灰岩为主夹安山岩;②含角砾及角砾状岩屑晶屑凝灰岩:分布于研究区的西北部,主要由灰白、灰绿色含角砾岩屑晶屑凝灰岩或角砾状岩屑晶屑凝灰岩夹薄层灰白色流纹岩组成。岩浆岩主要为早白垩世钾长花岗岩和二长花岗岩。钾长花岗岩分布于研究区西南部,二长花岗岩分布于研究区东南部(图1)。区内脉岩比较发育,主要有闪长玢岩、流纹斑岩及花岗斑岩等。区内以NW和NE向断裂构造为主,两组裂隙中往往有花岗斑岩、闪长岩等脉岩的侵入。

2 矿床地质

2.1 蚀变带特征

靠山屯普查区已发现蚀变带3条,自西向东编为I、II、III号(图2)。

2.1.1 I号蚀变带特征

分布于普查区西部,长约200 m,宽20~40

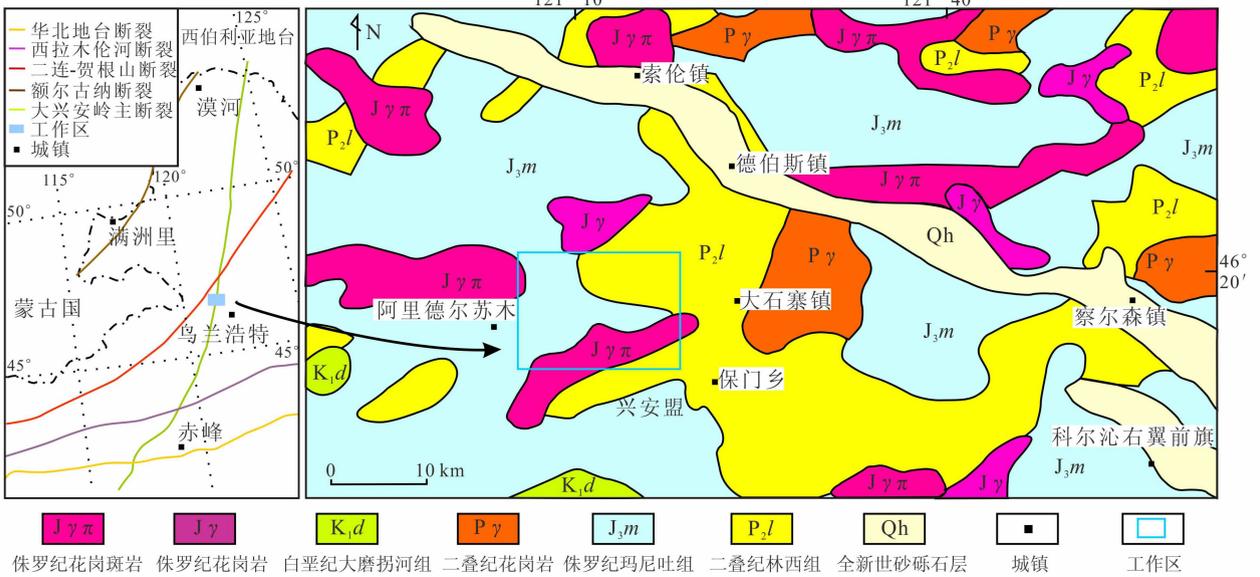


图1 内蒙古靠山屯工作区位置图

Fig.1 Location map of Kaoshantun work area in Inner Mongolia

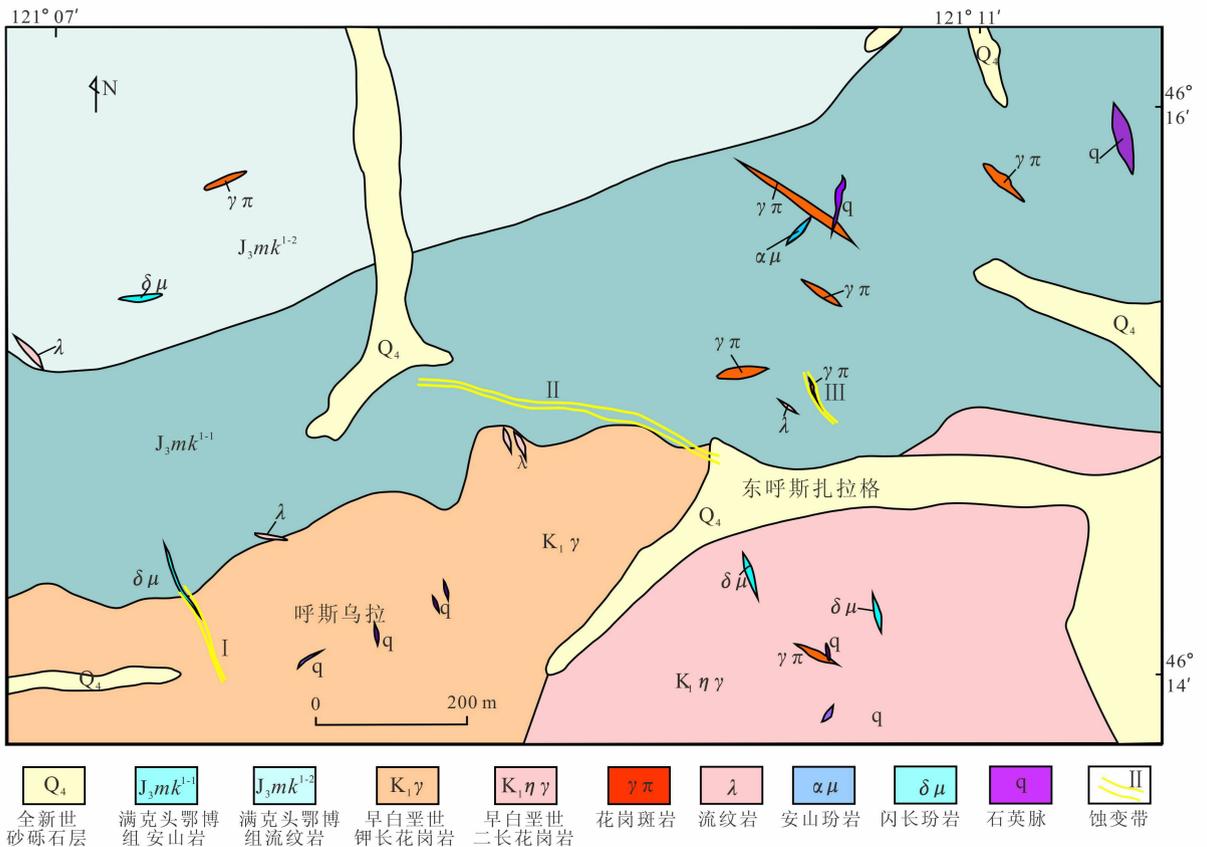


图2 靠山屯普查区蚀变带特征

Fig.2 Characteristics of alteration zone in Kaoshantun exploration area

m, 走向 NW310°~330°, 倾向 SW。产于早白垩世钾长花岗岩内, 受控于 NW 向张扭性断裂。带内见有黄铁矿化、褐铁矿化及镜铁矿化等。围岩蚀变为绿泥石化、硅化及绿帘石化。

2.1.2 II号蚀变带特征

位于矿区中部, 早白垩世钾长花岗岩与晚侏罗系满克头鄂博组接触带附近, 为 NW 向破碎蚀变带。破碎蚀变带由构造角砾岩、断层泥及硅化绢云母化蚀变岩等组成。长约 1 300 m, 宽 20~60 m, 走向 NW, 倾向 NE, 倾角 40°。由东(对应化探 Kht-7号异常)西(对应化探 Kht-8号异常)两部分组成, 地表由 60~66 线综合剖面及探槽控制。带内见有褐铁矿化、黄铁矿化、铅钒及白铅矿化等矿化。围岩蚀变为硅化、绿帘石化、绢云母化、高岭土化、碳酸盐化及绿泥石化。

2.1.3 III号蚀变带特征

分布于普查区东部, 产于晚侏罗系满克头鄂博组岩屑晶屑凝灰岩内, 为 NW 向蚀变破碎带。由构造角砾岩、断层泥、石英脉及硅化蚀变岩组成。走向 NNW, 倾向 SW, 倾角 80°, 地表由 80~82 线综合剖面及 3 条探槽控制。控制长 200 m, 根据物化探异常推测长 350 m, 宽 30~60 m。向南追索 150 m 被第四纪所覆盖。带内见有褐铁矿化、黄铁矿化、铅钒及白铅矿化等矿化。围岩蚀变为硅化、绢云母化、绿泥石化及绿帘石化。

2.2 矿体特征

经地表槽探工程揭露和深部钻探验证, 共圈定 6 个矿体。

I-①号铅锌矿化体赋存于早白垩世钾长花岗岩中构造蚀变岩内, 见矿厚度 2.10 m, 走向 NW, 倾向 220°, 倾角 60°。Pb 最高品位 0.30×10^{-2} , 平均品位 0.29×10^{-2} , Zn 最高品位 0.40×10^{-2} , 平均品位 0.28×10^{-2} , Ag 最高品位 15.1×10^{-6} , 平均品位 11.12×10^{-6} ; I-②号铅锌矿化体长约 50 m, 厚约 5 m, 走向 NW, 倾向 260°, 倾角 65°。Pb 品位 0.344×10^{-2} , Zn 品位 0.23×10^{-2} , Ag 品位 5.5×10^{-6} 。矿石矿物为白铅矿、铅矾、褐铁矿及黄铁矿, 脉石矿物主要为石英、燧石; II-①号银铅矿体长约 50 m, 走向近东西, 倾向 30°, 倾角 50°。自 7.0~8.3 m, 见矿厚度 1.30 m, Ag 品位

50.83×10^{-6} , Pb 品位 2.57×10^{-2} , Zn 品位 0.16×10^{-2} ; II-②号铅矿体见矿厚度 1.00 m, Ag 品位 50.83×10^{-6} , Pb 品位 2.57×10^{-2} , Zn 品位 0.16×10^{-2} ; II-③号银铅矿体赋存于满克头鄂博组岩屑晶屑凝灰岩内的破碎带中, 由绢云母化硅化蚀变岩组成, 走向近东西, 倾向 20°, 倾角 40°, 长约 150 m, 见矿厚度 4.90 m。Ag 最高品位 262.00×10^{-6} , 平均品位 85.74×10^{-6} , Pb 最高品位 10.00×10^{-2} , 平均品位 2.55×10^{-2} , Zn 最高品位 0.75×10^{-2} , 平均品位 0.42×10^{-2} 。矿石类型按自然类型属氧化矿石, 矿石矿物主要为铅的氧化物, 有白铅矿、铅矾及铅华等, 还见有褐铁矿、黄铁矿; 脉石矿物主要为石英、绿泥石及绿帘石; III-①号铅矿体, 赋存于 NNW 向硅化构造蚀变带内, 平均见矿厚度 7.95 m, Pb 品位 0.56×10^{-2} , Ag 品位 30.78×10^{-6} 。

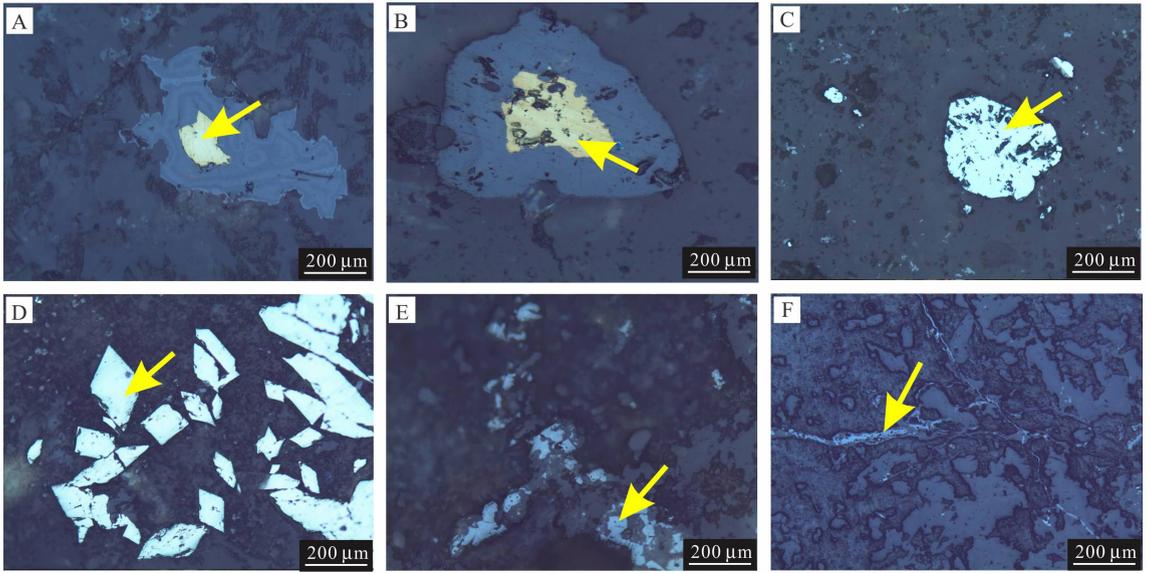
2.3 矿石矿物成分、结构

矿石矿物主要有方铅矿、黄铁矿、黄铜矿和毒砂, 次生氧化物有褐铁矿、铅矾、白铅矿和蓝铜矿(图 3); 脉石矿物有石英、绢云母、绿帘石及绿泥石等。

矿石结构有它形粒状结构、半自形-它形粒状结构及交代溶蚀结构等; 矿石构造有浸染状构造、细脉状构造和角砾状构造等。

2.4 成矿期和成矿阶段

通过矿物共生组合和穿切关系研究, 将靠山屯多金属矿床的成矿作用划分为热液成矿期和表生氧化期 2 个成矿期(表 1), 热液成矿期进一步划分为 3 个成矿阶段。第一阶段: 毒砂-黄铁矿-石英阶段, 该阶段矿化较弱, 以毒砂和黄铁矿为主, 脉石矿物以石英为主。这一阶段矿化范围小、强度弱。第二阶段: 石英-绢云母-黄铁矿阶段, 主要为脉石矿物石英和绢云母。第三阶段: 银多金属硫化物阶段, 该阶段矿化范围大、强度大, 以黄铜矿、方铅矿的大量出现为主要特征, 是铅的主要成矿阶段, 伴随少量银矿化。黄铜矿内部包裹黄铁矿(图 3 B), 大量银、铅、锌矿物形成。脉石矿物以石英、绢云母和绿泥石为主, 该阶段是区内最重要的银、铅、锌成矿阶段。表生期形成褐铁矿、铅矾、白铅矿和蓝铜矿等。



A. 黄铁矿呈他形粒状分布在褐铁矿中; B. 黄铁矿中见黄铁矿晶体, 呈骸晶分布于褐铁矿中, 可见蓝铜矿化; C. 黄铁矿呈浸染状分布; D. 毒砂呈自形-半自形和菱形; E. 方铅矿部分氧化成铅矾; F. 方铅矿呈脉状分布.

图3 靠山屯普查区矿石类型

Fig. 3 Ore type in Kaoshantun exploration area

表1 靠山屯矿区成矿期、成矿阶段与矿物生成顺序表

Table 1 Metallogenic phases/stages and mineral growth sequences in Kaoshantun exploration area

成矿期 矿物	热液成矿期			表生氧化期
	第一阶段 毒砂-黄铁矿-石英	第二阶段 石英-绢云母-黄铁矿	第三阶段 银多金属硫化物	
毒砂	_____			
黄铁矿	_____			
黄铜矿			_____	
方铅矿			_____	
闪锌矿			_____	
褐铁矿				_____
铅矾				_____
石英	_____			
绢云母		_____		
绿泥石			_____	

3 综合找矿信息的提取

3.1 找矿地质信息的提取

综合分析成矿的地质信息, 本区有利的成矿地质信息主要有:

(1) 区域上上侏罗统玛尼吐组火山岩富含 Pb、

Ag 等成矿元素, 是有利的容矿围岩, 可能是本区热液脉型铅锌银矿的主要矿源岩。

(2) 产于火山岩和岩体接触带附近的断裂构造是最有利的控矿构造, 断裂带可复合和继承接触带构造, 造成其规模大、切割深, 极有利于含矿热液的运移和矿质富集沉淀, 如 II 号蚀变带。

(3) 绢英岩化和硅化是近矿的围岩蚀变，蚀变矿物组合显示为热液的中温特点。

(4) 成矿后区内存在差异性抬升，中部和北东部矿化以方铅矿和共伴生银矿物为主，矿床保存条件好，如Ⅱ和Ⅲ号蚀变带。南西部以闪锌矿（含黄铜矿）为主，矿床剥蚀较大，如Ⅰ号蚀变带。

3.2 地球物理信息

3.2.1 1:5万磁法测量

根据1:5万磁测成果对蚀变带磁异常特征进行了解译。Ⅱ号蚀变带表现为低的磁异常和磁异常梯级带，矿体和矿化较好部位表现为梯级带特点，Ⅲ号蚀变带表现为高的磁异常和磁异常梯级带，矿

体位置为较高的磁异常。磁异常较高分析由蚀变带内含少量磁黄铁矿所致。一些串珠状高磁异常分析为串珠状分布的中基性脉岩所致（图4）。

3.2.2 激发极化测量

通过1:1万激发极化异常解译，Ⅰ号蚀变带表现为较低的视极化率，反映金属硫化物较少；电阻率较高，反映硅化较强。Ⅱ号蚀变带表现为较高的视极化率或梯级带，矿体位置为梯级带，反映金属硫化物较多，但分布不均匀；电阻率低或为梯级带，总体反映蚀变带中岩石破碎，含水的蚀变矿物如绢云母、黏土矿物含量较多。Ⅲ号蚀变带表现为低-中高视极化率，反映含硫化物较少；中-较高电阻率，反映硅化较强（图5、6）。

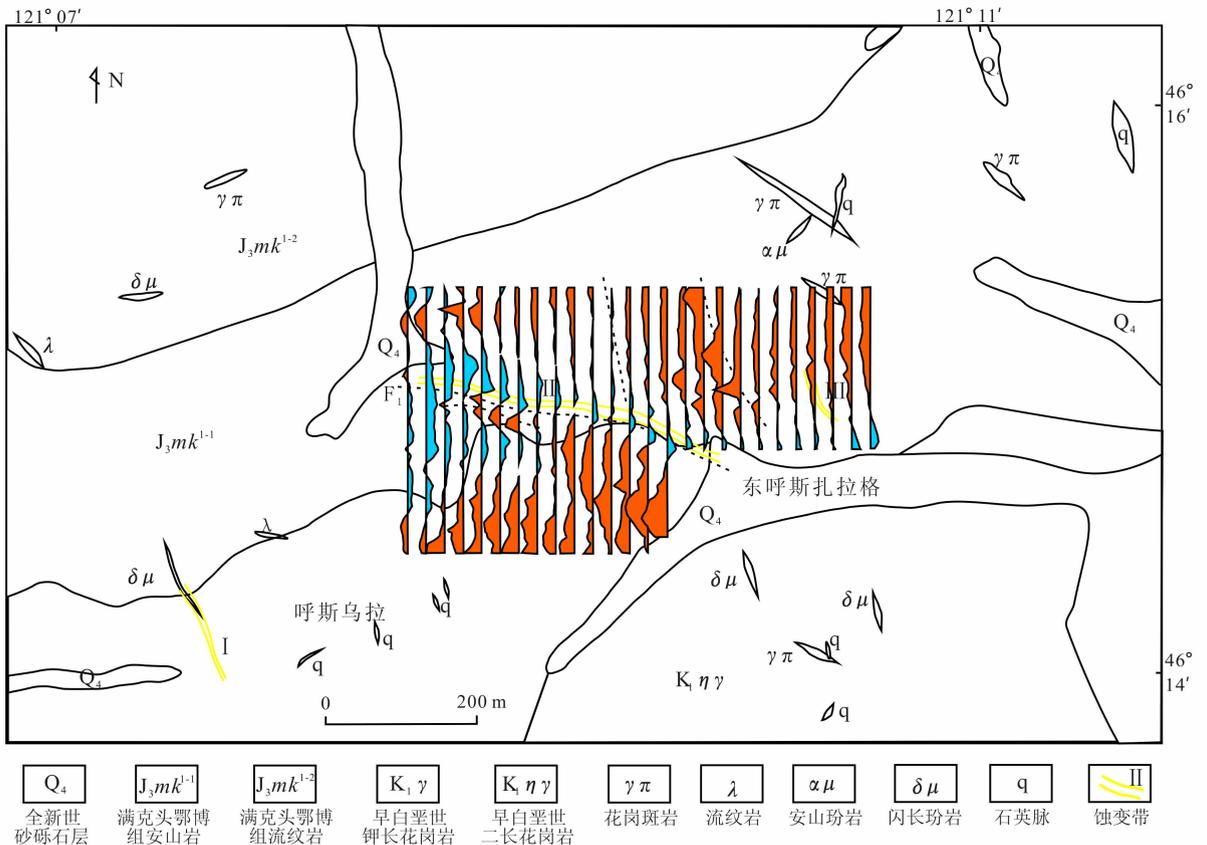


图4 靠山屯普查区高精度磁测图

Fig. 4 High precision magnetic map in Kaoshantun exploration area

3.3 化探信息提取

根据1:1万土壤地球化学测量的工作成果，圈定银、铅、锌套合完好异常11处，各元素的地球化学参数见表2，异常分布图见图7。

Ⅰ号蚀变带所在的KHt-1异常分布在早白垩世钾长花岗岩内，长约510m，宽200~380m。Ag、Pb和Zn3种元素套合完好，异常峰值为Ag 1.56×10^{-6} 、Pb 915×10^{-6} 、Zn 780×10^{-6} ；Zn异

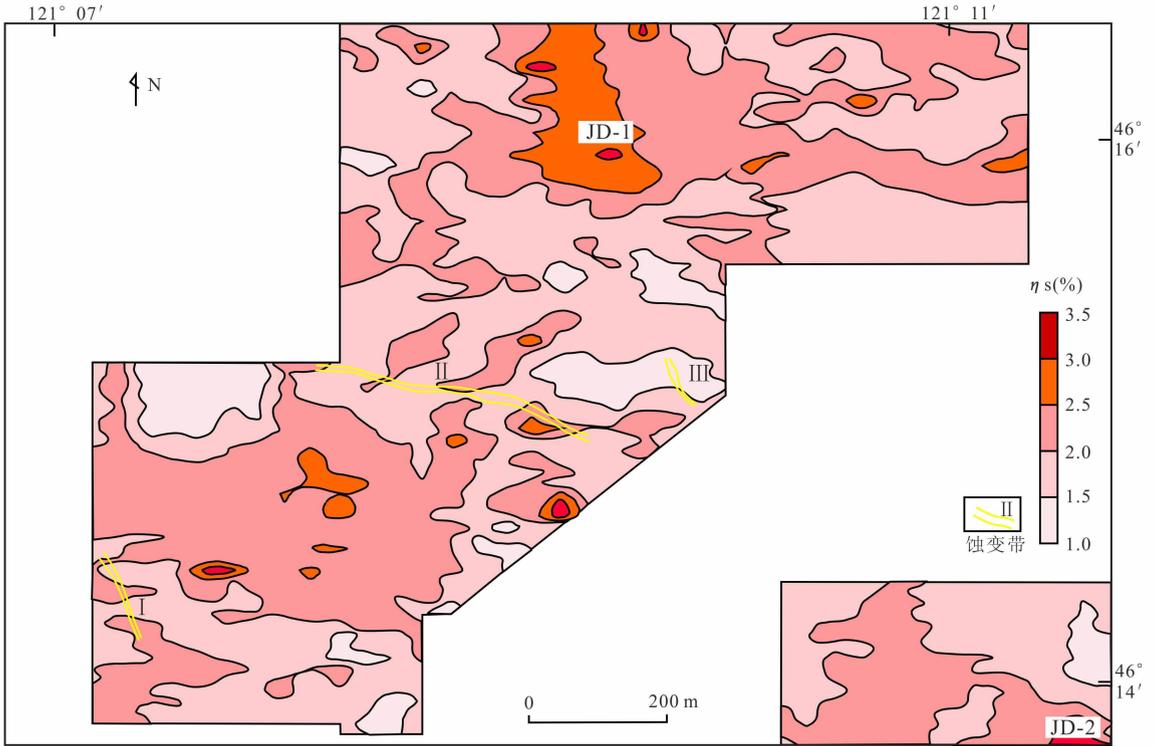


图5 靠山屯普查区激电中梯视极化率异常等值线图

Fig. 5 Apparent chargeability isogram of Kaoshantun exploration area

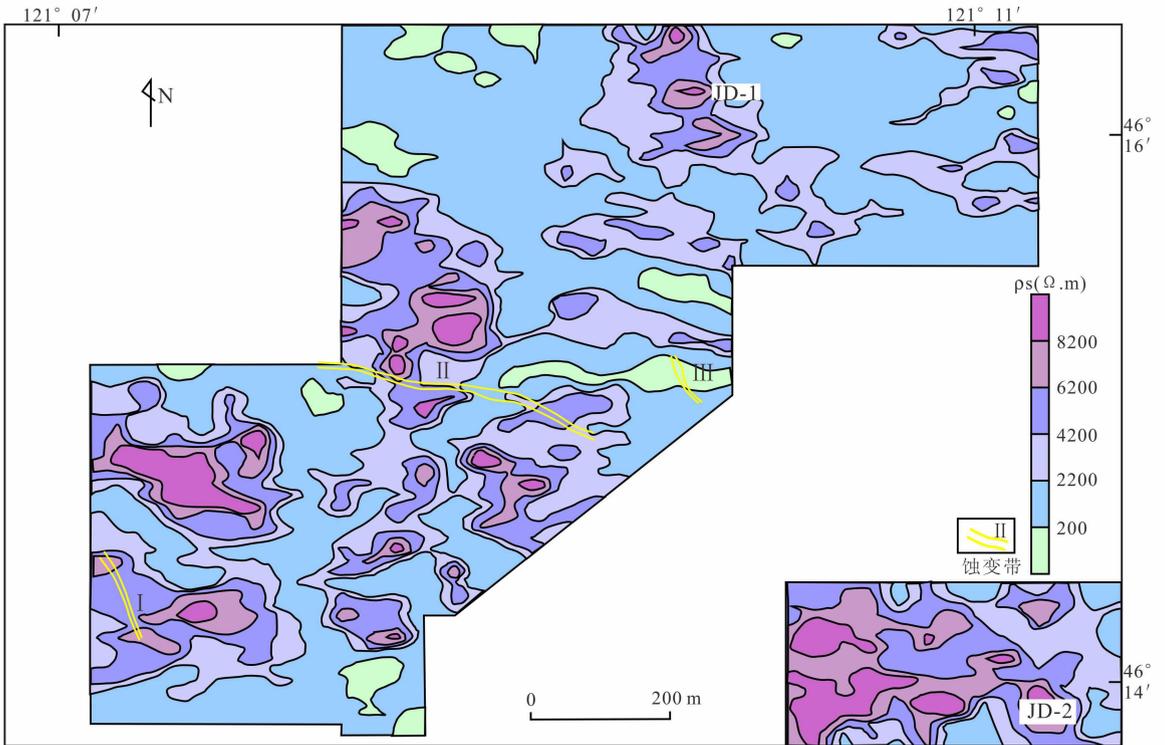


图6 靠山屯普查区激电中梯电阻率异常等值线图

Fig. 6 Apparent resistivity isogram isogram of Kaoshantun exploration area

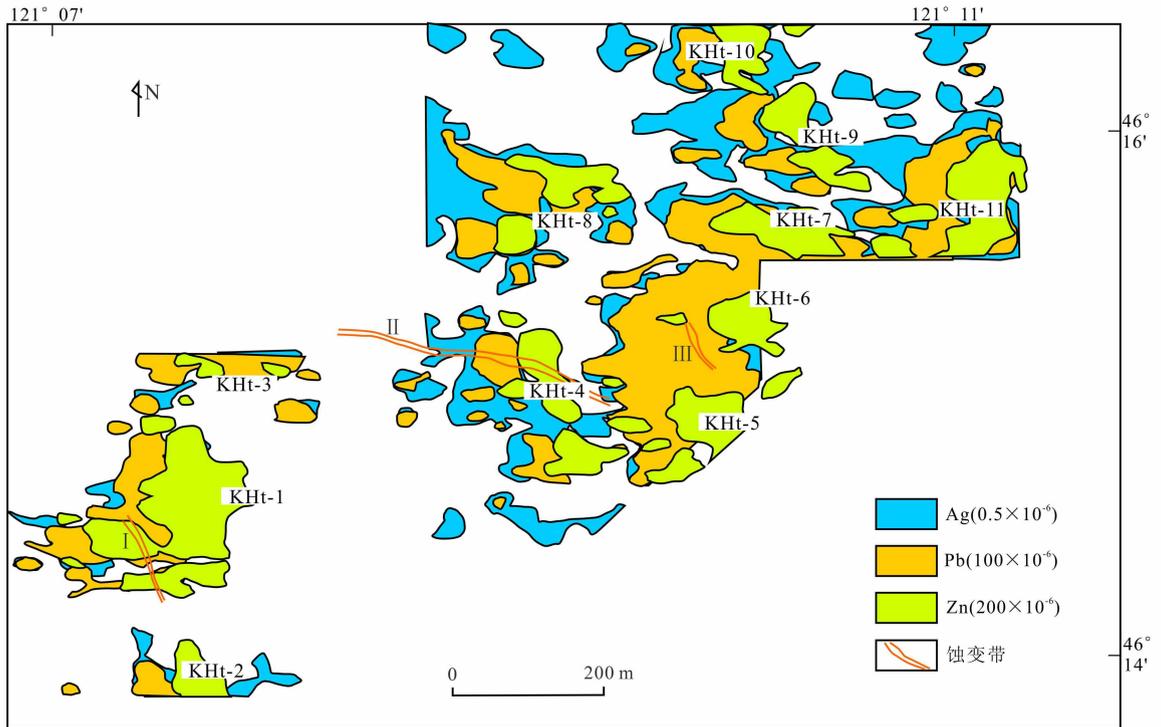


图 7 靠山屯普查区土壤异常剖析图

Fig. 7 Map of soil abnormal in Kaoshantun exploration area

常分布面积大，位于异常中心，Pb 和 Ag 异常面积小，位于异常外侧。该异常以 Zn 为主，总体反映该区剥蚀较大，推测达矿（化）体下部。考虑到该蚀变带规模较小，找矿前景较差。

Ⅱ号蚀变带所在的异常主要有 KHT-7、KHT-8 异常。KHT-7 异常的 Ag、Pb 和 Zn 3 种元素套合最好，呈条带状，长轴方向为 NW 向。分布在早白垩世钾长花岗岩与晚侏罗系满克头鄂博组岩屑晶屑凝灰岩的接触带附近，长 700 m，宽 210 m。异常峰值为 Ag 4.4×10^{-6} 、Pb $7\ 585 \times 10^{-6}$ 、Zn $1\ 697 \times 10^{-6}$ ；KHT-8 异常的银、铅、锌 3 种元素套合最好，呈条带状，走向 NW。分布在早白垩世钾长花岗岩与晚侏罗系满克头鄂博组岩屑晶屑凝灰岩的外接触带内，长 750 m，宽 200 m。异常峰值为 Ag 6.5×10^{-6} 、Pb $6\ 724 \times 10^{-6}$ 、Zn 593×10^{-6} 。总体表现为 Pb 和 Ag 异常面积大，强度高，Zn 异常面积小，强度较低。该异常以 Pb 和 Ag 为主，总体反映矿（化）体剥蚀较小，推测为矿体中上部，该蚀变带规模较大，找矿前景较好。

Ⅲ号蚀变带所在的 KHT-11 异常的 Ag、Pb 和

Zn 3 种元素套合完好，呈不规则带状。分布在晚侏罗系满克头鄂博组岩屑晶屑凝灰岩内，面积约 0.13 km^2 。异常峰值为 Ag 2.63×10^{-6} 、Pb $10\ 484 \times 10^{-6}$ 、Zn $1\ 801 \times 10^{-6}$ 。总体表现为 Pb 和 Ag 异常面积相对大，强度高，Zn 异常面积小，强度较低。该异常以 Pb 和 Ag 为主，总体反映矿（化）体剥蚀较小，推测为矿体中上部，考虑到该蚀变带规模较小，有一定找矿前景。

5 结论

(1) 蚀变和矿化特征显示靠山屯银铅多金属矿为中温热液脉型矿床。

(2) 产于火山岩和岩体接触带附近的断裂构造是有利的控矿构造，绢英岩化和硅化是近矿的围岩蚀变。

(3) 成矿后区内存在差异性抬升，中部和北东部矿化以方铅矿和共伴生银矿物为主，矿床保存条件好，如Ⅱ和Ⅲ号蚀变带。南西部以闪锌矿（含黄铜矿）为主，矿床剥蚀较大，如Ⅰ号蚀变带。

表2 靠山屯普查区土壤异常特征表
Table 2 Characteristics of soil abnormal in Kaoshantun exploration area

异常编号	元素	面积 (S)	形态	下限 (T)	平均值 (CA)	峰值单位/ 10^{-6}	NAP 值	衬值
KHt-1	Pb	1 244	带状	110.000	227.000	915.000	2 567.16	2.06
	Zn	2 053	带状	183.000	324.000	780.000	3 634.82	1.77
	Ag	517	带状	0.447	0.824	1.560	953.04	1.84
KHt-2	Pb	150	条带状	110.000	174.000	230.000	237.27	1.58
	Zn	286	条带状	183.000	420.000	1 259.000	656.39	2.30
	Ag	162	条带状	0.447	0.644	1.030	233.40	1.44
KHt-3	Pb	485	不规则	110.000	168.000	279.000	740.73	1.53
	Zn	156	不规则	183.000	297.000	393.000	253.18	1.62
	Ag	221	不规则	0.447	0.666	0.946	329.28	1.49
KHt-4	Pb	559	不规则	110.000	251.000	790.000	1 275.54	2.28
	Zn	924	不规则	183.000	292.000	678.000	1 474.36	1.60
	Ag	650	不规则	0.447	1.980	21.800	2 879.19	4.43
KHt-5	Pb	940	不规则	110.000	175.000	363.000	1 495.45	1.59
	Zn	570	不规则	183.000	284.000	959.000	884.59	1.55
	Ag	667	不规则	0.447	0.532	0.958	793.83	1.19
KHt-6	Pb	1 220	不规则	110.000	168.000	323.000	1 863.27	1.53
	Zn	472	不规则	183.000	314.000	669.000	809.88	1.72
	Ag	611	不规则	0.447	0.545	0.873	744.96	1.22
KHt-7	Pb	937	条带状	110.000	564.000	7 585.000	4 804.25	5.13
	Zn	660	条带状	183.000	399.000	1 697.000	1 439.02	2.18
	Ag	396	条带状	0.447	1.150	4.400	1 018.79	2.57
KHt-8	Pb	805	条带状	110.000	542.000	6 724.000	3 966.45	4.93
	Zn	481	条带状	183.000	276.000	593.000	725.44	1.51
	Ag	1 249	条带状	0.447	0.892	6.500	2 492.41	2.00
KHt-9	Pb	426	不规则	110.000	232.000	1 005.000	898.47	2.11
	Zn	544	不规则	183.000	340.000	953.000	1 010.71	1.86
	Ag	826	不规则	0.447	0.751	2.420	1 387.75	1.68
KHt-10	Pb	253	条带	110.000	151.000	233.000	347.30	1.37
	Zn	585	不规则	183.000	268.000	589.000	856.72	1.46
	Ag	343	不规则	0.447	0.727	0.970	557.85	1.63
KHt-11	Pb	1 295	不规则	110.000	630.000	10 484.000	7 416.82	5.73
	Zn	1 018	不规则	183.000	471.000	1 801.000	2 620.10	2.57
	Ag	1 641	不规则	0.447	0.890	2.630	3 267.32	1.99

注: NAP 值 = (CA/T) S, 衬值 = NAP/S. NAP 值: 规格化面金属量; CA: 异常面积的异常平均值, 单位 10^{-6} ; T: 异常下限值, 单位 10^{-6} ; S: 异常面积, 单位 m^2 .

(4) 中高极化、低阻或中高阻、中高磁异常的物探异常总体是矿致异常的特征。

(5) Pb、Zn、Ag 异常套合好, Pb 和 Ag 异常面积大, 强度高的异常 Kht4-11 分布区矿床保存条件较好, 找矿前景较好。Zn 异常面积大, 外侧的 Pb 和 Ag 异常面积小的异常 Kht1、Kht3 分布区矿床剥蚀较大, 找矿前景较差。

(6) 勘查区早白垩世钾长花岗岩与铅银多金属热液脉型矿床的矿化空间关系密切, 应是与成矿有关的侵入岩, 为成矿提供热动力。

参考文献:

- [1] 郝立波, 段国正. 大兴安岭锡多金属成矿带花岗岩地球化学特征 [J]. 世界地质, 1999, 18 (2): 66-72.
HAO Li-bo, DUAN Guo-zheng. Geochemical characteristics of granites of the tin polymetal metallogenic belt in the Greater Xing'an Mountains [J]. Global Geology, 1999, 18 (2): 66-72.
- [2] 赵一鸣. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式 [M]. 北京: 地震出版社, 1994: 1-234.
ZHAO Yi-ming. Geological conditions and prospecting model of copper polymetallic deposits in southeastern Inner Mongolia [M]. Beijing: Seismological Press, 1994: 1-234.
- [3] 赵一鸣. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价 [M]. 北京: 地震出版社, 1997: 131-135.
ZHAO Yi-ming. Metallogenic regularity and prospective evaluation of copper polymetallic deposits in Greater Khingan Range and its adjacent areas [M]. Beijing: Seismological Press, 1997: 131-135.
- [4] 芮宗瑶. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1994: 1-576.
RUI Zong-yao. Nonferrous metal deposits in the northern margin of North China plate [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 1-576.
- [5] 李鹤年, 段国正, 姚德, 等. 内蒙赤峰北部锡多金属成矿带花岗岩地球化学特点及成矿作用 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 1989, 19 (2): 131-140.
LI He-nian, DUAN Guo-zheng, YAO De, et al. Geochemical characteristics and metallogenesis of granites, North Chifeng Neimenggol autonomous region [J]. Journal of Changchun University of Earth Science, 1989, 19 (2): 131-140.
- [6] 盛继福. 大兴安岭中段成矿环境与铜多金属矿床地质特征 [M]. 北京: 地震出版社, 1999: 1-216.
SHENG Ji-fu. Metallogenic environment and geological characteristics of copper polymetallic deposits in the middle part of Greater Khingan Range [M]. Beijing: Seismological Press, 1999: 1-216.
- [7] 余宏全, 李红红, 李进文, 等. 内蒙古大兴安岭中北段铜铅锌金银多金属矿床成矿规律与找矿方向 [J]. 地质学报, 2009, 83 (10): 1456-1472.
SHE Hong-quan, LI Hong-hong, LI Jin-wen, et al. The metallogenetical characteristics and prospecting direction of the copper-lead-zinc polymetal deposits in the northern-central Daxing'anling Mountain, Inner Mongolia [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83 (10): 1456-1472.
- [8] 任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (3): 85-93.
REN Ji-shun, NIU Bao-gui, LIU Zhi-gang. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6 (3): 85-93.
- [9] 王荃. 内蒙古中部中朝与西伯利亚古板块间缝合线的确定 [J]. 地质学报, 1986 (1): 31-43.
WANG Quan. Recognition of the suture between the Sino-Korean and Siberian paleoplates in the middle part of Inner Mongolia [J]. Acta Geologica Sinica, 1986 (1): 31-43.
- [10] 邵济安, 张履桥, 牟保磊. 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (4): 339-346.
SHAO Ji-an, ZHANG Lü-qiao, MOU Bao-lei. Magmatism in the Mesozoic extending orogenic process of Da Hinggan Mts [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6 (4): 339-346.
- [11] Kerrich R, Goldfarb R, Groves D, et al. The characteristics, origins, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces [J]. Science China Earth Sciences, 2000, 43 (1): 1-68.
- [12] Sillitoe R H. Gold deposits in western Pacific island arcs: the magmatic connection [J]. Economic Geology Monograph, 1989, 6: 274-291.
- [13] 陈衍景. 中国西北地区中亚型造山-成矿作用的研究意义和进展 [J]. 高校地质学报, 2000, 6 (1): 17-22.
CHEN Yan-ying. Progress in the study of central Asia-type orogenesis-metallogenesis in Northwest China [J]. Geological Journal of China Universities, 2000, 6 (1): 17-22.
- [14] 鲍景新. 阿希和艾肯浅成低温热液金铜矿床成因研究: 博士学位论文 [D]. 北京: 北京大学, 2001.
BAO Jing-xin. Hypabyssal hydrothermal genesis of gold copper deposit in Axi and Aiken: doctor's degree thesis [D]. Beijing: Beijing University, 2001.